

## COMPONENTS ORGÀNICS DEL SÒL

**Matèria orgànica del sòl (M.O).** Barreja de residus animals i vegetals (en diferents estats de descomposició), cossos vius o morts de microorganismes i de substàncies sintetitzades a partir d'aquests components o de les seves restes, que s'acumulen al sòl o s'incorporen.

**Carboni orgànic oxidable (C):** C oxidat per via sulfocròmica (Métodos oficiales de Análisis de suelos, MAPA).

$$\%M.O = \%C \times 1.724$$

**Sòl orgànic:** conté  $> 200 \text{ g.kg}^{-1}$  (o  $> 120\text{-}180 \text{ g.kg}^{-1}$  si està saturat per aigua) de C orgànic en tot el solum.

**Mineralització:** descomposició biològica de components orgànics amb alliberació de materials inorgànics (sals minerals).

**Immobilització:** utilització de materials inorgànics amb síntesi de teixits microbians (conversió d'un element de la forma inorgànica a l'orgànica en teixits microbians).

**Humificació:** procés pel qual el C dels residus orgànics és transformat i convertit a substàncies húmiques per processos bioquímics i/o químics.

**Humus:** productes orgànics de naturalesa col·loïdal provinents de la descomposició de les restes vegetals i de la síntesi que resulta de l'activitat dels microorganismes del sòl. En els sòls agrícoles sovint es refereix al contingut de matèria orgànica total del sòl.

**Substàncies húmiques:** sèrie de substàncies de pes molecular relativament alt, amb coloracions fosques o negres, formades per reaccions de síntesi secundàries. S'utilitza l'expressió amb un sentit genèric per descriure el material colorejat o les seves fraccions obtingudes en base a les característiques de la seva solubilitat. Segons la seva composició s'anomenen Àcids húmics, Àcids fúlvics o Humines.

**C/N (relació):** quocient entre la massa del C orgànic i la massa del N orgànic del sòl, material orgànic, plantes o cèl·lules dels microorganismes.

**Biomassa microbiana:** massa total de microorganismes vius en un volum o massa de sòl.

### Organismes del sòl

#### **Grans tipus:**

Macrofauna:  $2 < \varnothing < 10\text{mm}$

Mesofauna:  $0.2 < \varnothing < 2 \text{ mm}$ : nematodes, oligoquets, larves d'insecte petites i microartròpodes.

Microfauna:  $\varnothing < 0.2 \text{ mm}$ : protozous, nematodes i artròpodes microscòpics.

Microflora: bacteris (incloent actinomicets), fongs, algues i virus.

Aeròbics: només creixen en presència d'O molecular.

Anaeròbics: creixen en absència d'O molecular.

Autòtrofs: capaços d'utilitzar  $\text{CO}_2$  o carbonats com a única font de C i obtenir energia de la reducció del C i processos biosintètics de l'energia radiant o de l'oxidació de substàncies inorgàniques.

Heteròtrofs: utilitzen els components orgànics com font de C i energia per a la síntesi de cèl·lules.

*Principals components de la microflora del sòl*

grup	població-mida	condicions del medi edàfic	activitats	conseqüències
virus	Variable 50/100µ	Cal una cèl·lula hostessa	Paràsits obligats de bacteris, actinomicets, nematodes, fongs	Malalties víriques en les plantes infectades
bacteris	0-10 <sup>9</sup> ind/g Molt variable	Aireació Humitat T <sup>a</sup> 21-38°C pH 6-8. Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> -->NO <sub>2</sub> -->NO <sub>3</sub> NO <sub>3</sub> ---->Norg. NO <sub>3</sub> ---->NH <sub>4</sub> S <sup>2-</sup> ---->SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -->S <sup>2-</sup> Fe <sup>2+</sup> ---->Fe <sup>3+</sup> Biodegradació	Incorporació de N atmosfèric. Fixació de N. Alteració minerals. Rizosfera (nòduls). Fermentació alcohòlica. Cel.lulolisi.
actinomicets	≈700 kg/ha Ø micelis 1.5 mµ	pH 6.5-7 Alguns resistents a T <sup>a</sup> altes	Paràsits i en alguns casos en simbiosi	Fermentació. Aport de N. Antibiòtics
fongs	1000-1500 kg/ha Long.100m Ø < 5mµ	Condicions poc estrictes Medis àcids favorables	Paràsits, sapròfits i en simbiosi (micorrizes)	Fermentació alcohòlica. Lignilolisi i degradació de quitina. Cel.lulolisi en medi àcid. Pre-nitrificants
algues	10 <sup>5</sup> ind/g	Profunditat limitada (0-2 cm). Autòtrofs	Poden degradar la M.O. Productors de mucílegs	Medi de cultiu de bacteris. Colonitzadores.

**MATÈRIA ORGÀNICA**

Els seus components es poden classificar com:

- Substàncies no húmiques: residus frescs, més o menys descomposats, teixits vius i morts dels microorganismes, compostos orgànics individuals (proteïnes, àcids orgànics....)
- Substàncies húmiques: productes sintetitzats en el sòl, resultat de l'activitat dels microorganismes

*Propietats i funcions generals de l'humus (M.O.)*

Propietat	Efectes en el sòl
<b>Color</b> El color fosc típic de molt sòls l'origina la matèria orgànica	Pot facilitar l'escalfament.
<b>Retenció d'aigua</b> Pot retenir fins 20 vegades el seu pes d'aigua	Ajuda a evitar la dessecació i la contracció. Millora la retenció de la humitat en sòls arenosos.
<b>Combinació amb minerals argilosos</b> Uneix les partícules del sòl en unitats estructurals (agregats)	Permet l'intercanvi de gas. Estabilitza l'estructura. Incrementa la permeabilitat.
<b>Quelació</b> Forma complexos estables amb $\text{Cu}^{2+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Zn}^{2+}$ i altres cations polivalents.	Esmorteïdor de l'aprofitament d'elements traça que són captats per les plantes.
<b>Solubilitat en aigua</b> La insolubilitat de la M.O és resultat parcial de la seva associació amb l'argila; les sals de cations divalents i trivalents en combinació amb la M.O. també són insolubles; la M.O. aïllada també és parcialment soluble en aigua.	La M.O. en petites dosis es perd per lixiviació.
<b>Relacions amb el pH</b> Esmorteix el pH del sòl en els límits entre lleugerament àcid, neutre i bàsic.	Ajuda a mantenir una reacció uniforme (pH) en el sòl.
<b>Intercanvi catiònic</b> L'acidesa total de les fraccions aïllades de l'humus varia entre 3000 i 14000 mmols $\text{kg}^{-1}$ .	Incrementa la CIC. Del 20 al 70% de la CIC de molts sòls prové de la M.O.
<b>Mineralització</b> La descomposició de la M.O. produeix $\text{CO}_2$ , $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{PO}_4^{3-}$ , i $\text{SO}_4^{2-}$ .	Font d'elements nutritius per al creixement de les plantes.
<b>Combinació amb molècules orgàniques</b> Influeix en la bioactivitat, persistència i biodegradabilitat dels plaguicides.	Modifica la relació d'aplicació dels plaguicides per a un control efectiu.

- **Dinàmica de la matèria orgànica**

Processos del cicle:

**Descomposició i Mineralització:** és una simplificació de molècules complexes en d'altres simples (orgàniques i minerals) i respon a una activitat biològica.

La facilitat de descomposició de la M.O depèn principalment de:

- Composició del material vegetal.
- Característiques microclimàtiques del sòl que afecten l'activitat dels microorganismes: aireació,  $T^a$  i pH del sòl.
- Relació C/N del material vegetal:

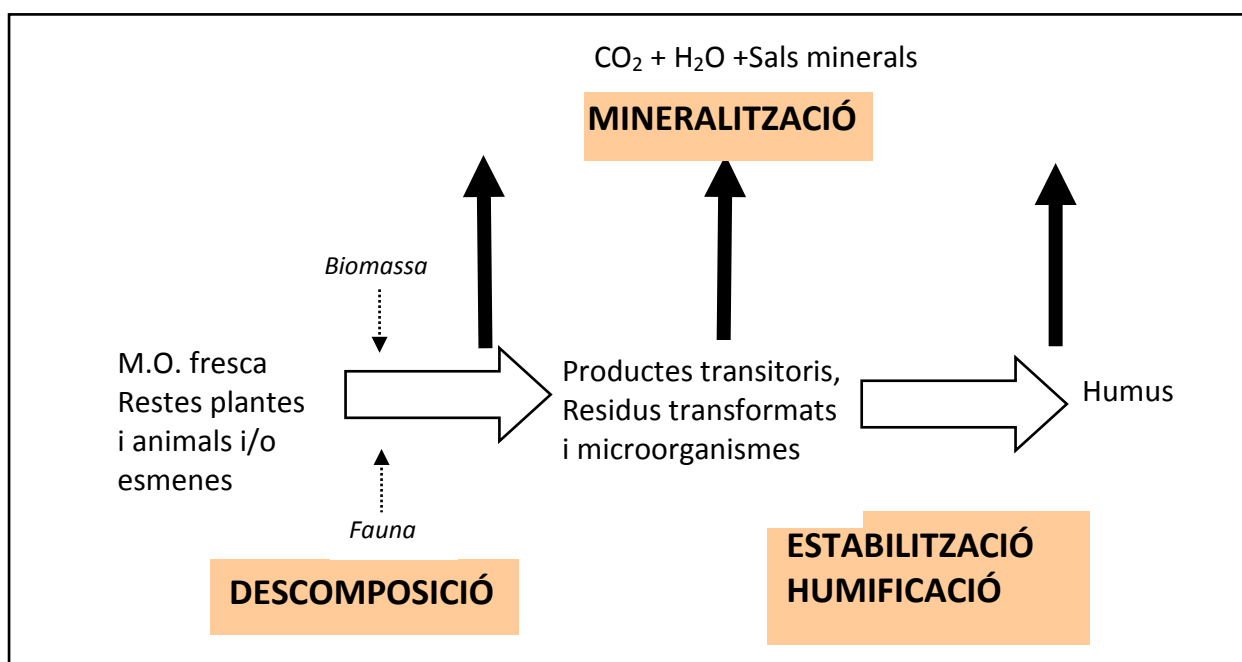
Si la C/N és molt alta (30-35): Immobilització neta de N (consum de N alliberat i del sòl pels propis microorganismes) amb una fase de dèficit de N mineral del sòl per a les plantes (efecte "depressiu").

Quan C/N és al voltant de 20 existeix una mineralització neta que allibera un excedent de N que pot ser utilitzat pels cultius.

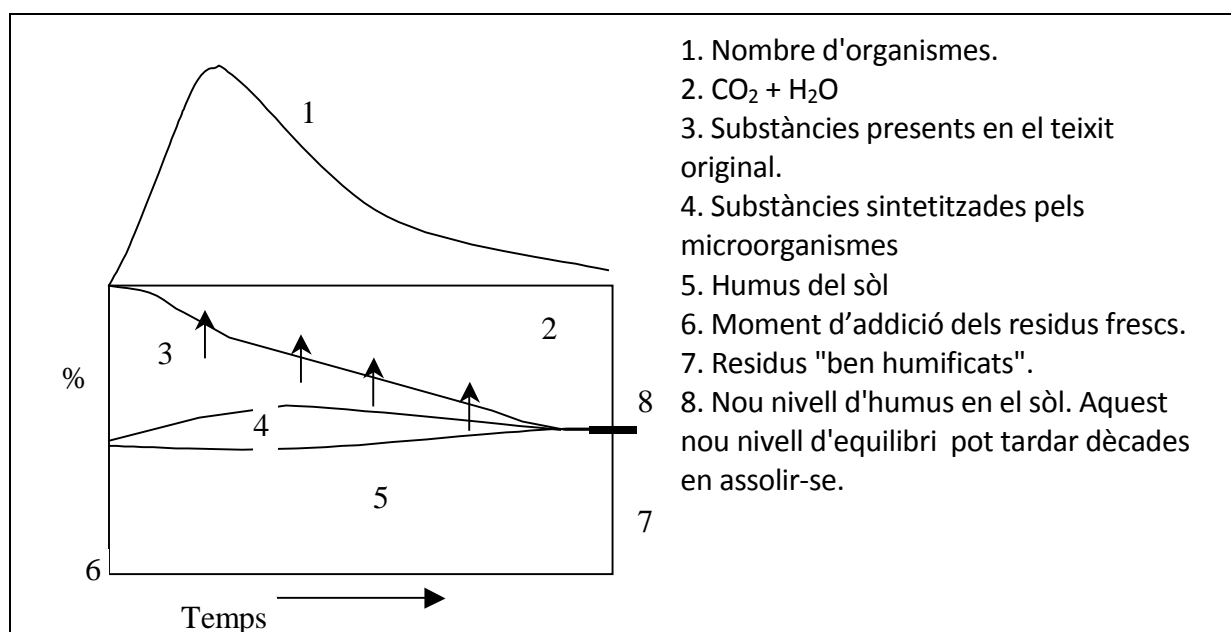
Quan la C/N és al voltant de 10, la matèria orgànica s'ha transformat en humus estabilitzat.

**Humificació** : és una construcció de noves molècules més complexes (polimerització). La fixació de N és un procés fonamental. Respon a una activitat biològica i a components físics i químics del sol.

*Cicle general de transformació de la matèria orgànica.*



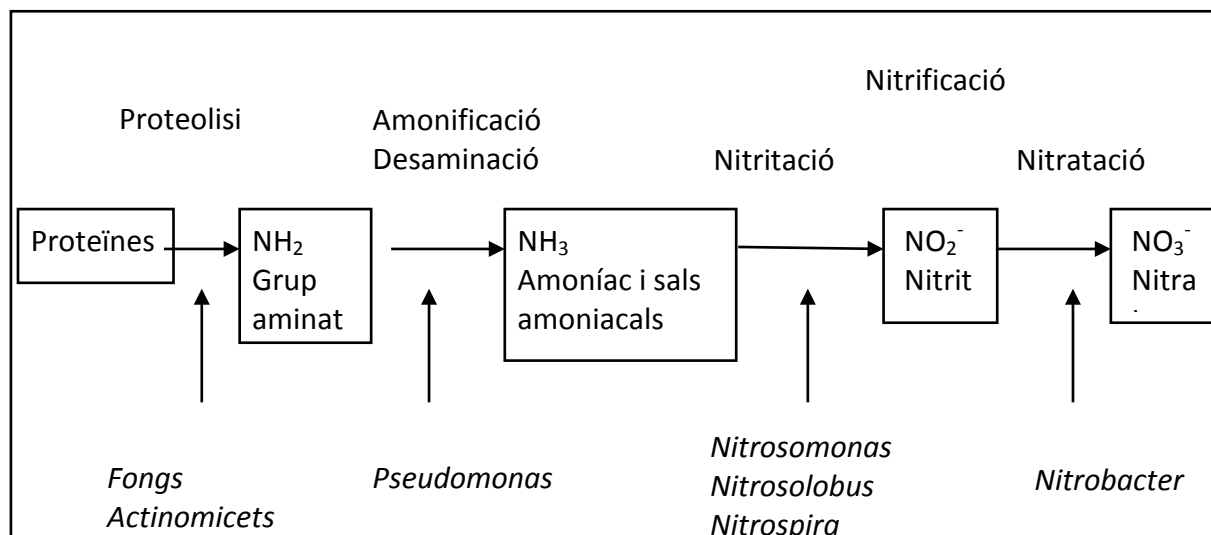
*Dinàmica general.*



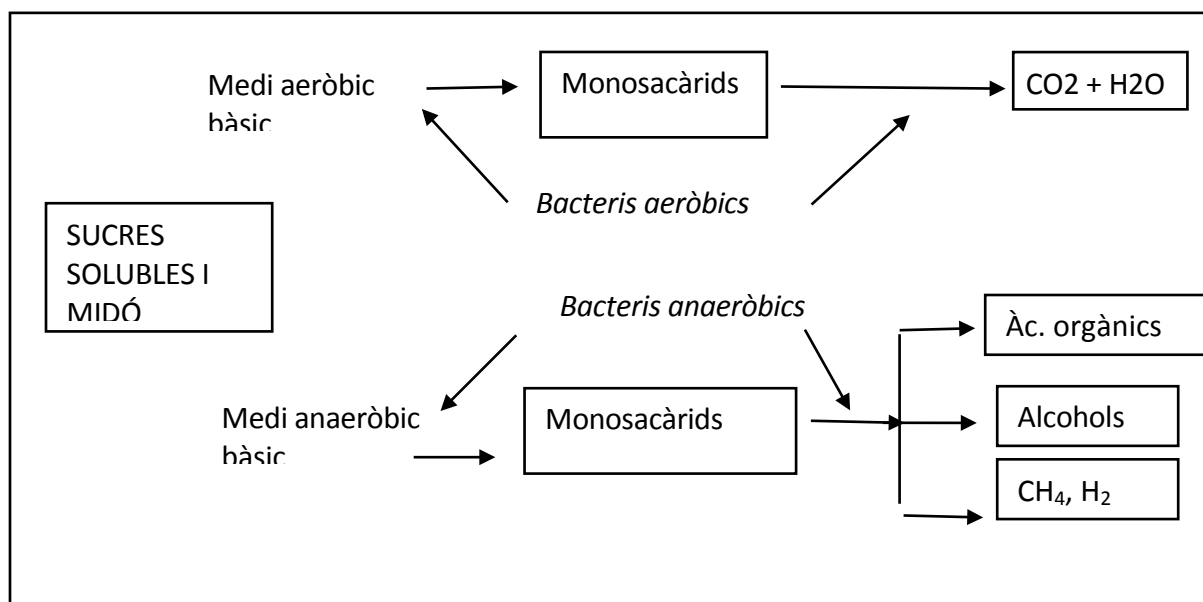
*Evolució general de la descomposició i humificació segons les característiques del medi*

Aireació	Humitat	T <sup>a</sup>	pH	descomposició	humificació
Aerobi	Moderadament humit	Càlid	Neutre	Ràpida	Abundant
Anaerobi	Molt humit	Fred	Àcid	Lenta	Feble

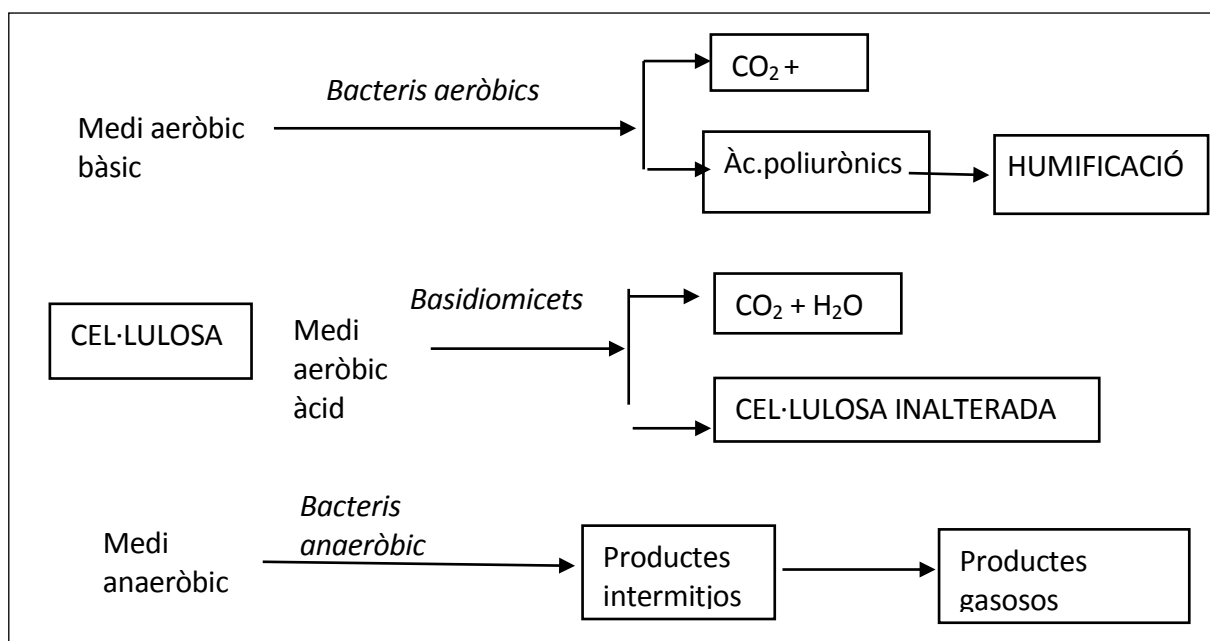
*Descomposició i mineralització dels materials nitrogenats.*



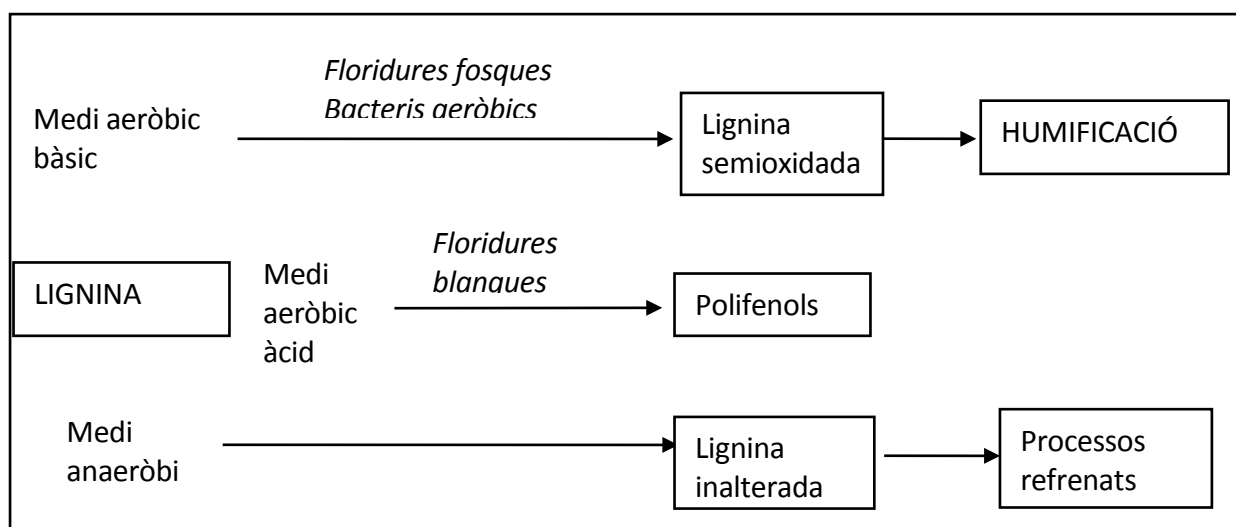
*Descomposició i mineralització de sucres solubles i midó.*



### Descomposició i humificació de la cel·lulosa.



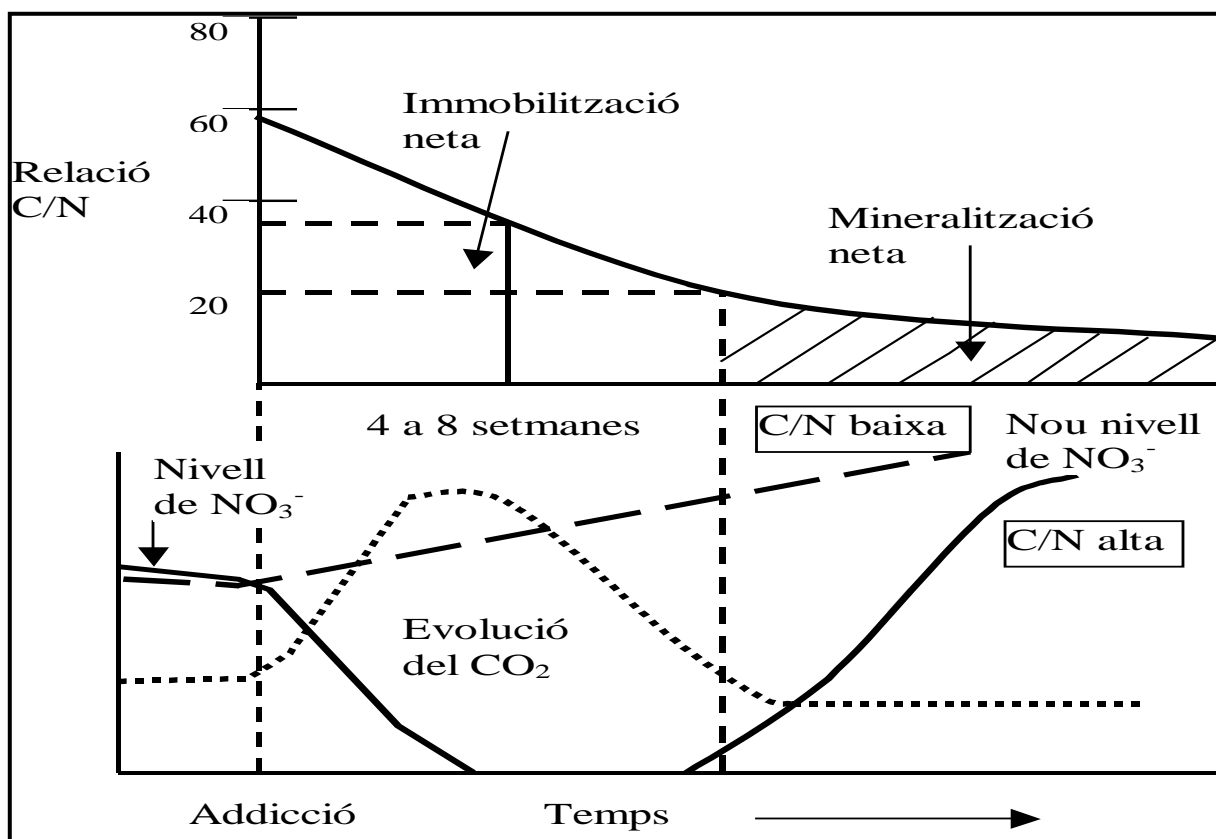
### Descomposició i humificació de la lignina.



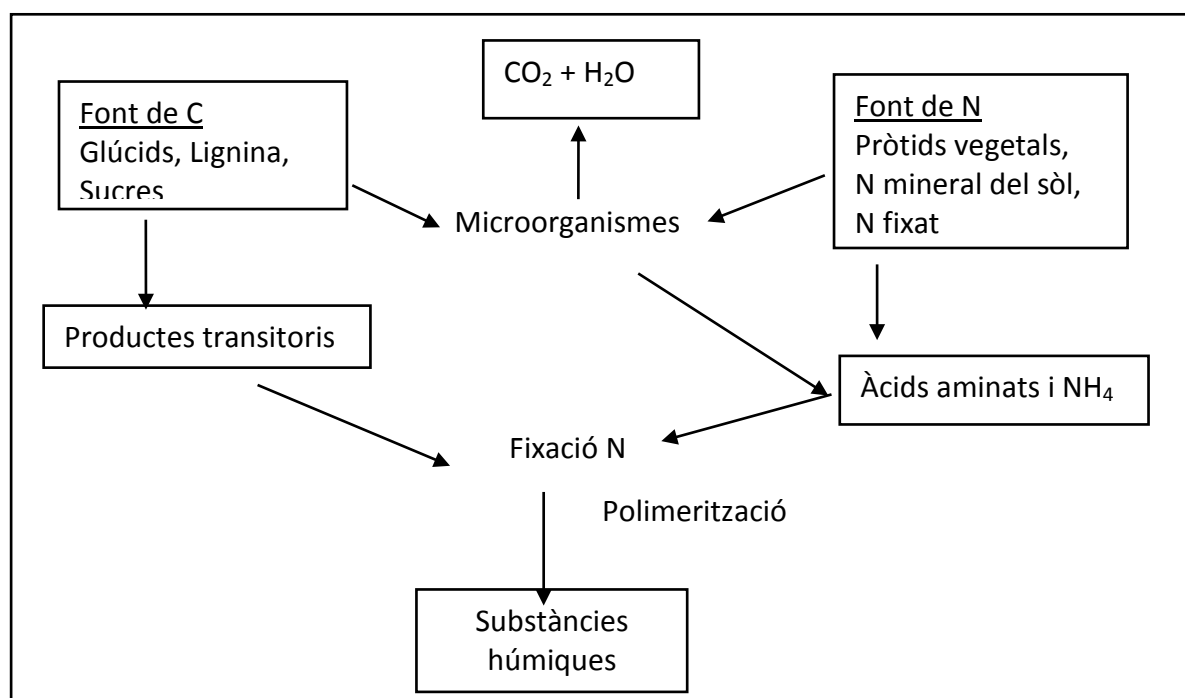
### Descomposició i evolució del N segons la C/N del material vegetal.

Material	Relació C/N	Velocitat descomposició	Evolució del N
Palla de cereals	50-80	Lenta	Consumit pels microorganismes
Fem de palla	20-40	Lenta	Pròxim a l'equilibri
Fem descompost	15-20	Mitjana	S'incorpora al sòl una part del N alliberat
Adobats verds	10-20	Ràpida	Incorporació important
Humus estabilitzat	9-10	Lenta	Incorporació lenta

Canvis en els nivells de  $\text{NO}_3^-$  del sòl i  $\text{CO}_2$  durant la descomposició de restes de collita.



Esquema-resum de la síntesi de les substàncies húmiques



# CICLES BIOGEOQUÍMICS DELS NUTRIENTS ESSENCIALS PER A LES PLANTES.

**Nutrient essencial per a la planta:** element químic essencial per a la vida vegetal i el creixement de les plantes

**Formes dels elements als sòls:**

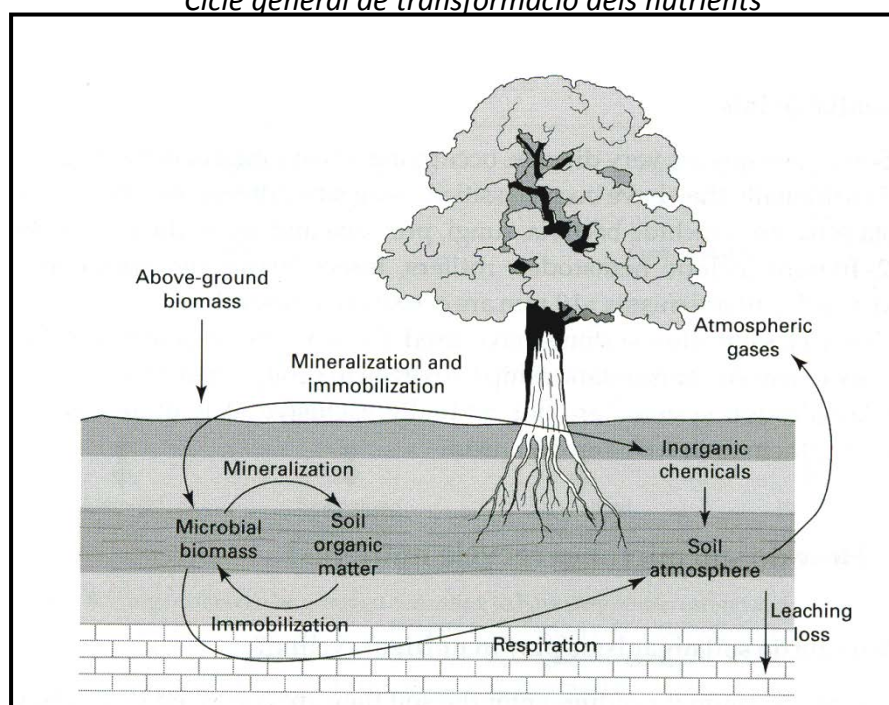
- Solubles: A la solució del sòl, fàcilment assimilables
- Adsorbits al complex de canvi catiónic o aniònic. Assimilables.
- Formant part dels components sòlids minerals o orgànics

*Classificació dels nutrients i el seu origen principal al sòl*

Tipus de nutrient	Element	Origen al sòl
Macronutrient Primari	N	M.O./Fixació Atmosfera/Adob
	P	M.O./ Minerals /Adob
	K	Minerals/Adob
Macronutrient Secundari	S,	M.O./ Minerals/ Atmosfera /Agroquímics/Esmenes minerals
	Ca	Minerals /Esmenes minerals
	Mg	Minerals /Esmenes minerals
Micronutrient (Oligoelement)	Fe	M.O. / Minerals / Agroquímics
	Mn	M.O. / Minerals / Agroquímics
	Cu	M.O. / Minerals / Agroquímics
	Zn	M.O. / Minerals / Agroquímics
	B	M.O. / Minerals / Agroquímics
	Mo	M.O. / Minerals / Agroquímics
	Cl, Co	M.O. / Minerals / Agroquímics

M.O. = Matèria orgànica

*Cicle general de transformació dels nutrients*





*Forma en la que es troben els principals nutrients al sòl*

Element	Complex de canvi i solució Fàcilment assimilable		Orgànica	Formant part de minerals primaris o secundaris
	Catiónica	Aniònica		
N,	$\text{NH}_4^+$	$\text{NO}_3^-$	+	-
P,		$\text{HPO}_4^{2-}$ , $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,	+	+ Polifosfats
K	$\text{K}^+$		-	+
S,		$\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{S}^{2-}$	+	+
Ca,	$\text{Ca}^{2+}$		-	+
Mg,	$\text{Mg}^{2+}$		-	+
Fe	$\text{Fe}^{2+}$ , $\text{Fe}^{3+}$ ,		+	+ $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ , $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$
Mn	$\text{Mn}^{2+}$		+	+
Cu	$\text{Cu}^{2+}$		+	+
Zn	$\text{Zn}^{2+}$		+	+
B		$\text{B}(\text{OH})_4^-$	+	+
Mo		$\text{MoO}_4^-$	+	+
Co	$\text{Co}^{2+}$			

+ = Quantitats significatives

- = Inexistent o en quantitats no significatives per a la nutrició de les plantes

## MACRONUTRIENTS

### • Nitrogen, Fòsfor i Potassi

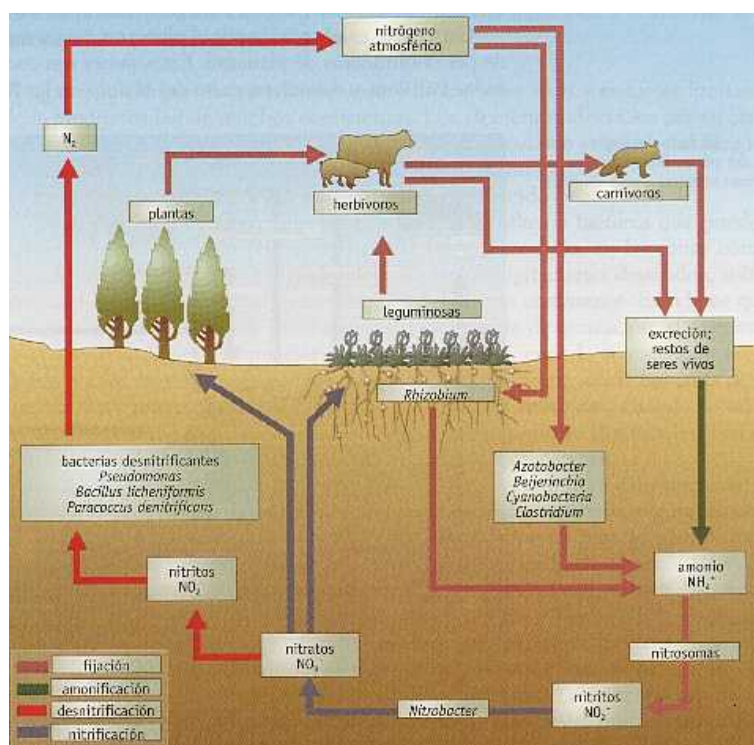
#### Cicle del nitrogen

Cicle extern:

- Fixació del N atmosfèric
- Desnitrificació
- Volatilització amoni
- Rentat-lixiviació

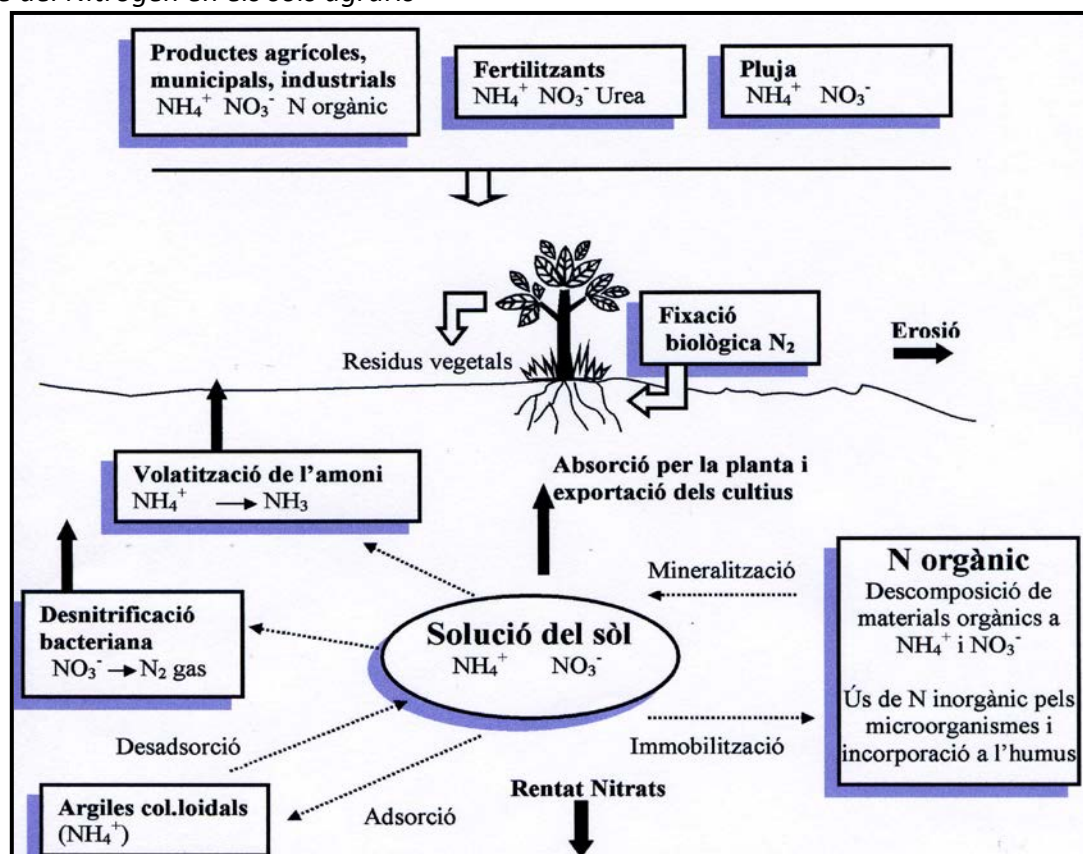
Cicle intern

- Mineralització
- Immobilització



*Cicle general de transformació i processos del Nitrogen*

### Cicle del Nitrogen en els sòls agraris



### Factors que condicionen la Mineralització del Nitrogen

Condicions	Amonificació	Nitrificació	Mineralització
pH	Poc sensible	Més sensible (òptim 6-8)	Acumulació $\text{NH}_4^+$ en sòls àcids.
Humitat i aireació	Possible estimulació en medis hidromorfs	Sensible (òptim < 50-60% CC)	Fluctuant
Temp.	Poc sensible	Activa entre 5-35°C	Acumulació $\text{NH}_4^+$ quan T baixa.

### Balanç de Nitrogen en els sòls agraris

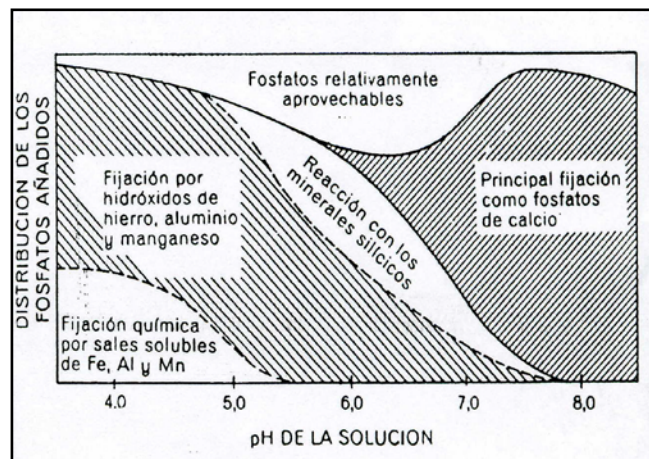
GUANYES	PÈRDUES
Mineralització de la matèria orgànica	Extracció dels cultius
Fixació atmosfèrica	Rentat
Simbiòtica	Gasoses
No simbiòtica	Desnitritificació
Aports per la pluja	Volatilització
Aports adobs	Erosió

## Fòsfor i Potassi

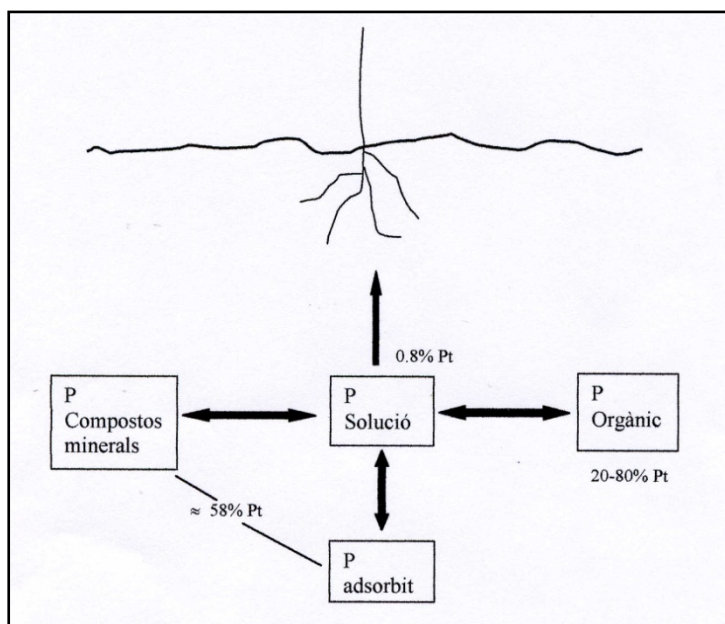
*Compost càlcics inorgànics de P més comuns en el sòl.  
De menys a més solubles*

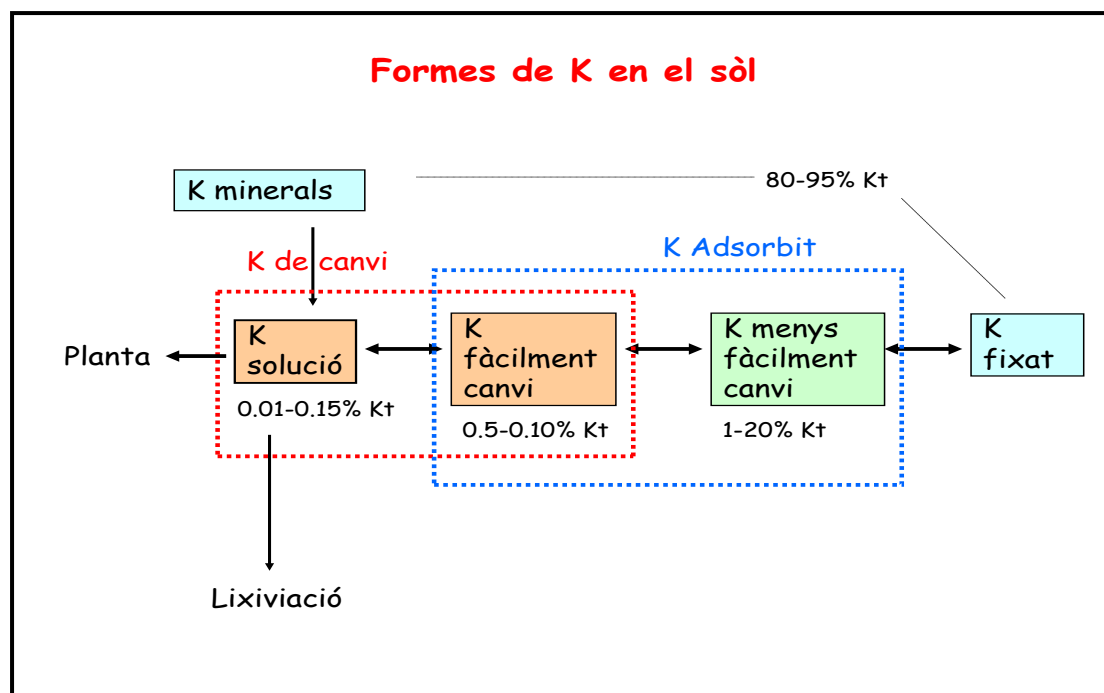
Compost	Fórmula
Flúor-apatit	$3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\cdot\text{F}_2\text{Ca}$
Carbonat-apatit	$3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\cdot\text{CO}_2\text{Ca}$
Hidròxi-apatit	$3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\cdot\text{Ca}(\text{OH})_2$
Oxi-apatit	$3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\cdot\text{CaO}$
Fosfat tricàlcic	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$
Fosfat bicàlcic	$\text{Ca H}(\text{PO}_4)$
Fosfat monoamònic	$(\text{PO}_4\text{H}_2)_2\text{Ca}$

*Disponibilitat del P segons el pH del sòl*



*Formes de P en el sòl*





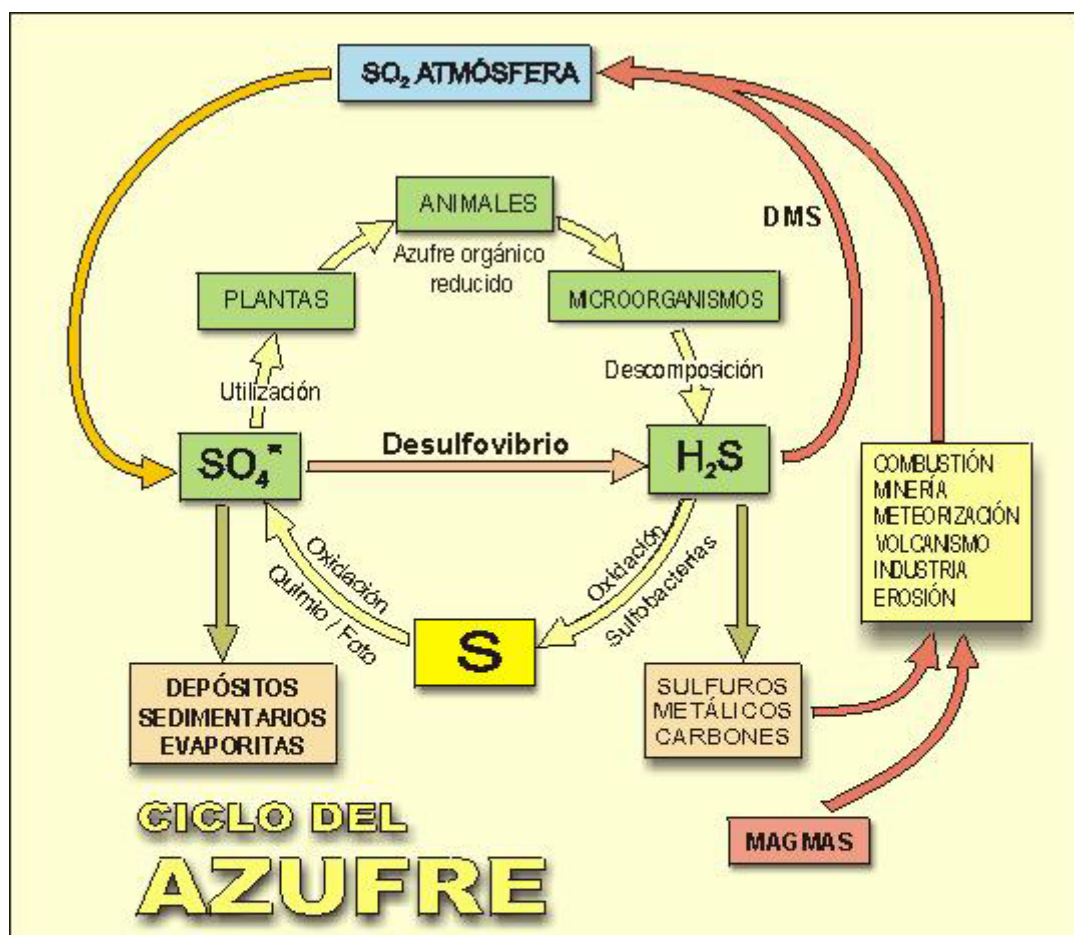
- **Macronutrients secundaris**

Ca	Mg	S
Origen al sòl		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minerals càlcics:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Feldspats Ca</li> <li>✓ Piroxens Ca</li> <li>✓ Calcita (CaCO<sub>3</sub>)</li> <li>✓ Dolomita (CaMg(CO<sub>3</sub>))</li> <li>✓ Guix CaSO<sub>4</sub>* 2 H<sub>2</sub>O</li> </ul> </li> <li>• Esmenes encalcinants</li> <li>• Adobs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minerals magnèsics:               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Silicats Fe-Mg</li> <li>✓ Dolomita</li> <li>✓ Magnesita (MgCO<sub>3</sub>)</li> </ul> </li> <li>• Esmenes magnèsiques</li> <li>• Adobs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minerals de Sofre               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Sulfurs: pirita, blenda</li> <li>✓ Sulfats: Guix</li> </ul> </li> <li>• Matèria orgànica</li> <li>• Esmenes S i orgànica</li> <li>• Adobs</li> <li>• Atmosfera</li> </ul>
Formes al sòl		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formant part minerals primaris o secundaris</li> <li>• Adsorbit complex canvi</li> <li>• Ions a la solució</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formant part minerals primaris o secundaris</li> <li>• Adsorbit complex canvi</li> <li>• Ions a la solució</li> <li>• Sòls salins: clorurs i sulfats</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formes orgàniques</li> <li>• Formant part minerals primaris</li> <li>• Adsorbit complex canvi (aniònic) i sobre Hidròxids de Fe i Al</li> <li>• Ions a la solució: sulfats, sulfurs</li> </ul>

### Importància del Ca en el sòl

- Múltiples funcions, en general beneficioses:
  - Element nutritiu per a les plantes.
  - Acció floculant sobre col·loides minerals i orgànics. Comporta que l'estructura sigui bona i estable.
  - Si bon nivell, manteniment del pH en el rang de la neutralitat. Millora de la disponibilitat dels nutrients.
- Si excés de calcària (carbonat de calci):
  - Insolubilització de compostos fosfatats
  - Bloatge d'oligoelements (pH alt)
  - Climes àrids i semiàrids: acumulació en forma de crostres, pedres a diferents fondàries: poca fondària útil del sòl, treball del sòl problemàtic.

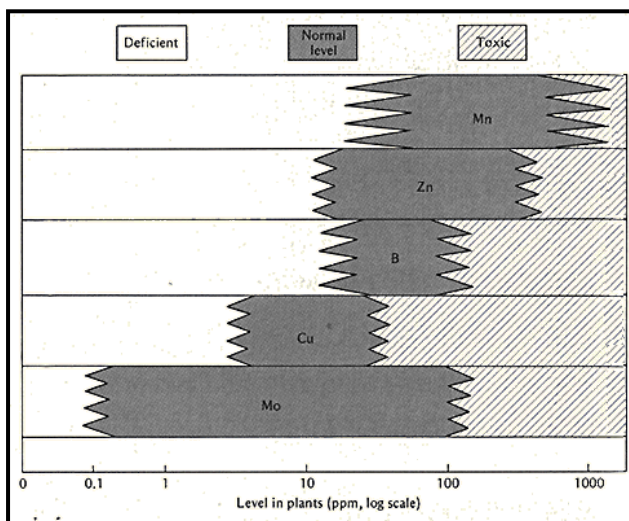
### Cicle del Sofre



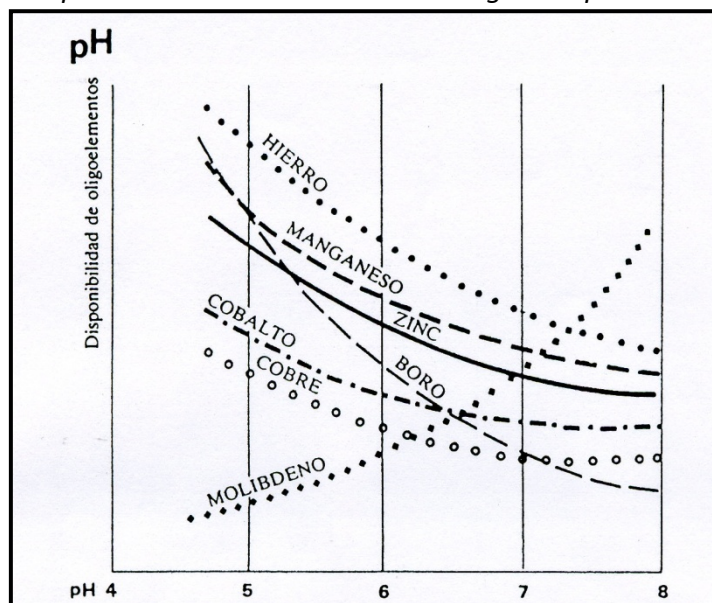


## MICRONUTRIENTS O OLIGOELEMENTS

*Nivells deficients, normals i tòxics dels oligoelements en les plantes*



*Disponibilitat dels micronutrients segons el pH del sòl*



*Principals interaccions entre els elements nutritius*

Elemento	Efectos de los macroelementos	Efectos de los otros microelementos
Fe	P negativo, K variable (más bien positivo)	Mn, Cu, Zn, Mo más bien negativos, en orden decreciente
Manganeso		Fe muy negativo
Zinc	P muy negativo, N variable (efecto dilución negativo, depende forma N)	Interferencia con el Fe en la planta
Cobre	N y P negativos	Zn un poco negativa
Boro	N negativo, P positivo, K variable, Ca negativo	Poco importantes, Mn ligeramente positivo. Deficiencia de Cu efecto negativo sobre B
Molibdeno	P positivo, S negativo	Fe netamente negativo, Mn y Cu negativos